

Korean Industrial Property Office
PUBLICATION (Extracted translation)

No.

Publication Date: 25 February 1999
Publication No.: P1999-012057
Application Date: 26 July 1997
Application No.: P1997-035329

Applicant : Jong-yong Yoon
Samsung Electronics Co., Ltd.
416 Maetan-3-dong, Paldal-gu, Suwon-City,
Kyunggi-do, Korea
Inventor: Ji-sung Oh
705-1802 Yatap-dong, Bundang-gu, Seongnam-City,
Kyunggi-do, Korea
Attorney: Eui-je Cho

Title of the Invention:

Method for estimating channel in orthogonal frequency division multiplexing
(OFDM) receiver and apparatus therefor

Abstract:

Method for estimating channel in an orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) receiver and apparatus therefor are provided to effectively estimate the frequency response of a channel when a channel equalizer is implemented. Instead of not using a FIR filter as an interpolation filter for estimating the frequency response in a sub-channel to which a division pilot is not transmitted from the frequency response in the sub-channel that is obtained by the division pilot, fast Fourier transforming (FFT) is performed, and only a low frequency component is extracted from the result of FFT through a window signal, and then, components excluding the low frequency component are inserted by 0, and inverse fast Fourier transforming (IFFT) is performed, and the size of a signal that is obtained from the result of IFFT is corrected, thereby obtaining the desired frequency response of each sub-channel. Accordingly, more precise channel estimation can be achieved by FFT and IFFT, and there is no need of designing an additional filter, and thus the ASIC of the OFDM receiver can be

easily implemented, thereby simplifying the structure of a system.

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁶ (11) 공개번호 특 1999-012057
H04B 7/005 (43) 공개일자 1999년 02월 25일

(21) 출원번호 특 1997-035329
(22) 출원일자 1997년 07월 26일
(71) 출원인 삼성전자 주식회사 윤종용
경기도 수원시 팔달구 매탄동 416번지
(72) 발명자 오지성
경기도 성남시 분당구 아람동 705-1802
(74) 대리인 조익제

심사청구 : 있음

(54) OFDM수신기의 채널추정방법 및 장치

요약

OFDM수신기의 채널추정방법 및 장치는 채널등화기 구현시 채널의 주파수응답을 효율적으로 추정하기 위한 것이다. 본 발명은 분산파일럿에 의해 획득한 정해진 부채널에서의 주파수응답으로부터 분산파일럿이 전송되지 않은 부채널의 주파수응답을 추정하기 위한 보간필터로 FIR필터를 사용하지 않는 대신에, 고속푸리에변환(FFT)을 수행하고, 그 결과에서 저주파성분만을 윈도우신호를 통해 추출한 후 그 이외의 성분은 모두 0으로 삽입하여 다시 역고속푸리에변환(IFFT)을 수행하여 얻어진 신호에 크기를 보정함으로써 원하는 각 부채널의 주파수응답을 얻어낸다. 따라서, 본 발명은 FFT 및 IFFT를 이용함으로써 보다 정확한 채널추정이 가능할 뿐 아니라 별도의 필터를 설계할 필요가 없어 OFDM수신기의 ASIC 구현이 용이해 지므로 시스템의 구조를 단순화할 수 있는 효과를 제공한다.

도표도

도 3

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 일반적인 OFDM수신기의 채널등화기를 나타낸 구성도,
도 2는 전송되는 OFDM심볼 프레임의 구조를 나타낸 도면,
도 3은 본 발명에 따른 OFDM수신기의 채널추정장치를 나타내는 구성도,
도 4a-4d는 도 3 장치의 FFT/IFFT를 이용한 보간과정을 설명하기 위한 도면.

도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

11 : 데이터채배열기 30 : 채널추정부
31 : 파일럿추출기 32 : FFT
33 : 윈도우추출기 34 : IFFT
35 : 크기보정기

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 OFDM수신기의 채널추정방법 및 장치에 관한 것으로서, 특히 FFT와 IFFT를 이용한 부채널들 각각의 주파수응답추정을 통해 보다 효율적으로 채널추정하기 위한 OFDM수신기의 채널추정방법 및 장치에 관한 것이다.

현재 지상방송에서는 QAM과 VSB의 다치화가 이미 한계에 와 있기 때문에 여기서 전송속도는 거의 결정되며, 같은 다치수라도 심볼 전송속도를 올리면 그 대역폭의 전송속도는 향상된다. 그렇다고, 심볼 전송속도를 현재 이상으로 끌어 올리면 다중경로의 간섭에 의하여 전파가 방해를 받게 되며, 특히 고출발딩이 난립하는 지역에서는 이러한 문제가 더욱 심각해진다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여, 유럽등지에서는 대역폭당의 전송속도의 향상과 간섭방지의 이중효과를 노린 디지털 변조방식인 직교주파수분할다

중화(Orthogonal Frequency Division Multiplexing; OFDM)변조방식 개발에 전력하고 있다.

대부분의 디지털 변조방식이 단일방송파를 사용하는 데 반하여, OFDM은 수백 내지 수천의 부반송파(sub carrier)를 사용하는 변조방식으로 그 이름에서 알 수 있는 바와 같이, 인접하는 각 방송파는 직교한다. 따라서, 각 방송파의 주파수성분은 중복되어도 상관없으며 통상의 주파수분할다중화(FDM)에 비해 주파수의 이용효율이 높다.

이러한 각 방송파에 직병렬 변환한 부호화데이터를 할당하고 나서 디지털신호를 변조한다. 각 방송파의 디지털 변조는 역고속푸리에변환(Inverse Fast Fourier Transform; IFFT)에 의해 주파수영역에서 시간영역으로 변환하는 것으로 실행된다. 변조 출력파의 심볼과 심볼 사이에는 보호대역(guard band)을 설정하며, 복조측에서는 이 구간의 신호는 무시한다.

한편, 유럽형 디지털 TV의 표준으로 채택된 DVB-T(Digital Terrestrial Television)규격의 OFDM시스템에서는 다경로 채널에서 발생하는 고스트(ghost)를 제거하기 위해 각 부채널별로 1-탭(tap) 채널등화기를 사용한다. 채널등화기는 OFDM 심볼속에 함께 전달되는 분산파일럿(boosted pilot)을 이용하여 채널의 주파수응답을 추정하는 부분과 이로부터 각 부채널의 등화계수를 갱신하는 부분으로 나누어진다. 이와 관련한 기술이 「Digital Broadcasting System for Television, sound and data services; framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television, EBU/ETSIJ-prETS 300 744, May 1996」 및 「F. Scalise et Al, A Prototype VLSI Solution for Digital Terrestrial TV Receivers Conforming to the DVB-T Standard」라는 문헌에 각각 기재되어 있다. 이 문헌에서 제시한 채널등화기를 도 1에 도시하였다.

도 1은 일반적인 OFDM수신기의 채널등화기를 나타낸 구성도이다. 도 1의 채널등화기는 입력되는 데이터 비트를 채널추정에 맞게 재배열하는 데이터재배열기(11), 재배열된 데이터에 삽입된 분산파일럿을 이용한 채널추정을 수행하는 채널추정기(12), 및 채널추정에 필요한 시간만큼 재배열된 데이터를 지연하는 지연기(13)를 구비한다. 데이터보정기(14)는 지연된 데이터에 대해 추정된 채널의 주파수응답값을 이용하여 데이터보정을 수행한다. 이러한 구성을 갖는 도 1 채널등화기에 대한 동작을 도 2를 참조하여 설명한다.

OFDM전송시스템으로부터 전송되는 OFDM신호는 다음의 식 1과 같이 표현된다.

$$s(t) = \sum_{k=0}^{K-1} \sum_{l=0}^{L-1} \sum_{m=0}^{M-1} c_{k,l,m} e^{j2\pi f_k t} e^{j2\pi f_l t} e^{j2\pi f_m t}$$

여기서, k는 부채널번호, l은 OFDM심볼번호, m은 전송프레임번호, $\psi(t)$ 은 각 부채널의 반송파함수이다.

위의 식 1로 표현되는 OFDM신호를 수신받는 OFDM수신기는 수신된 OFDM신호를 기저대역으로 이동시켜 고속푸리에변환(FFT)하여 역고속푸리에변환(IFFT)으로 변조되기 이전상태로 복조한다. 복조된 각 OFDM심볼에서 데이터가 나오는 부채널번호의 순서는 $(K_{max}+K_{min})/2, \dots, K_{max}, \text{zero blocks}, K_{min}, \dots, (K_{max}+K_{min})/2-1$ 이다. 제로블록(zero blocks)은 OFDM신호대역내에 데이터가 전송되지 않는 보호대역(guard band)를 의미한다. 데이터재배열기(11)는 위와 같은 순서로 입력되는 데이터를 채널추정을 위하여 제로블록을 제거한 후 부채널번호의 최소(K_{min})부터 최대(K_{max})순으로 재배열한다. 재배열된 데이터는 채널등화기를 구현하는 채널추정기(12) 및 지연기(13)로 입력된다.

도 2는 전송되는 OFDM 심볼의 프레임 구조를 나타낸 도면으로, 채널 등화를 위해 삽입된 분산파일럿은 다음의 식 2를 만족하는 부채널 인덱스 k에 위치한다.

$$k = 8 * (l + 1) * (1 \bmod 4) + 12p, p = 0, 1, 2, \dots, K_{min}/8 - 1$$

여기서, l은 심볼인덱스이고, k는 부채널인덱스로 최소(K_{min}) 0에서 최대(K_{max}) 6816(8K인 경우) 또는 1704(2K인 경우)까지이다.

위의 식 2에 근거하여 한 심볼에서 분산파일럿은 12데이터마다 하나씩 존재하고, 그 존재방식은 인접 심볼에서 3데이터씩 오른쪽으로 이동된 형태로 나타난다. 결과적으로, 4심볼마다 반복되는 구성을 갖게 된다. 이러한 구성을 갖는 OFDM심볼의 프레임에 대해 채널추정기(12)는 2단계로 나누어 채널의 주파수응답을 추정한다. 채널추정기(12)는 먼저 데이터재배열기(11)에 의해 재배열된 데이터들중 분산파일럿이 삽입되어 있는 데이터(도 2의 검게 표시된 부분 참조)의 부채널에 대한 주파수응답을 그 분산파일럿을 통해 추정한다. 즉, 채널추정기(12)는 $(k-K_{min}) \bmod 3 = 0$ 의 관계를 만족시키는 부채널인덱스 k에 대한 주파수응답을 시간축으로의 보간기법이나 4심볼마다의 갱신기법을 이용하여 추정한다. 이로 인하여 각 심볼에서는 3데이터마다의 주파수응답을 알 수 있게 된다. 채널추정기(12)는 이를 값을 이용하여 나머지 부채널에서의 주파수응답은 23-탭의 FIR(Finite Impulse Response)필터를 보간필터로 사용하여 추정한다. 이때, 보간필터로 입력되는 값은 $(k-K_{min}) \bmod 3 = 0$ 를 만족시키는 k에 대해서만 앞서 구한 주파수응답의 값을 갖게 되고, 나머지 k에 대해서는 0의 값을 갖게 되므로 23-탭의 보간필터중 실질적으로 변화하는 계수를 갖는 것은 8-탭만이 된다. 지연기(13)는 채널추정기(12)에서 채널추정에 필요한 시간만큼 재배열된 데이터를 지연한 후 데이터보정기(14)로 출력한다. 데이터보정기(14)는 지연된 데이터에 대해 추정된 채널의 주파수응답값을 이용하여 데이터보정을 수행한다.

반영이 이루어져야 하는 기술적 과제

그런데, 위와 같이 23-탭 FIR필터를 이용하여 채널추정을 수행하는 종래 OFDM수신기의 채널등화기는 그 구조가 단순한 반면에 주파수응답추정의 성능이 그리 좋지 않은 단점이 있었다. 물론, 최적의 보간필터로 알려진 sinc필터를 이용하더라도 23-탭 정도로는 주파수응답의 보간이 제대로 이루어지지 않게 된다. OFDM의 채널등화기는 복조과정에서 불완전하게 이루어진 반송파복원 및 타이밍동기에 의한 잔류위상왜곡 등도 보상해주어야 하므로 채널의 주파수응답추정이 정확하게 이루어져야 한다.

따라서, 본 발명의 목적은 정확한 주파수응답추정을 위해 FIR필터를 기반으로 하는 보간필터 대신에 FFT/IFFT를 이용하는 방법을 제공함에 있다.

본 발명의 다른 목적은 전술한 FFT/IFFT를 이용하는 OFDM수신기의 채널추정방법을 구현한 장치를 제공함에 있다.

발명의 구성 및 작용

이와 같은 목적들을 달성하기 위한 본 발명에 따른 OFDM수신기의 채널추정방법은, OFDM수신기의 부채널들의 주파수응답을 추정하기 위한 방법에 있어서, (1) 입력되는 OFDM심볼들의 데이터를 부채널번호 순서대로 정렬하는 단계와, (2) 정렬된 데이터들중 분산파일럿이 존재하는 부채널의 데이터만을 추출하는 단계, 및 (3) 추출된 데이터를 입력받아 고속푸리에변환(FFT) 및 역고속푸리에변환(IFFT)에 근거한 보간을 수행하여 부채널들 각각의 주파수응답을 추정하는 단계를 포함한다.

본 발명의 다른 목적을 달성하기 위한 OFDM수신기의 채널추정장치는, OFDM수신기에서 수신되는 OFDM신호를 등화하는 채널등화기에 있어서, 입력되는 OFDM심볼들의 데이터를 채널추정에 맞도록 재배열하는 데이터재배열기, 및 상기 데이터재배열기에 의해 재배열된 데이터들중 분산파일럿이 삽입되어 있는 데이터의 부채널에 대한 주파수응답을 그 분산파일럿을 통해 추정하고, 그 추정된 주파수응답값에 대해 고속푸리에변환(FFT) 및 역고속푸리에변환(IFFT)에 통해 보간하여 나머지 부채널에 대한 주파수응답을 추정하는 채널추정부를 포함한다.

이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 기술하기로 한다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 OFDM수신기의 채널추정장치를 나타내는 구성도로서, 도 1 장치의 동일한 구성에서 데이터재배열기(11)와 데이터보정기(14) 사이에 본 발명에 의한 변형된 채널추정부(30)가 연결되도록 구성된다. 채널추정부(30)는 재배열된 데이터에 삽입된 분산파일럿으로부터 그 주파수에서의 채널응답을 획득하는 파일럿추출기(31), 분산파일럿이 전송되지 않는 다른 부채널데이터에 대해 고속푸리에변환(FFT)을 수행하는 고속푸리에변환기(FFT)(32), 및 변환결과를 입력받아 미리 설정된 윈도우신호를 통해 특정주파수성분만을 추출하는 윈도우추출기(33)를 포함한다. 채널추정부(30)는 또한, 윈도우신호에 의해 추출된 주파수성분의 신호를 역고속푸리에변환을 수행하는 역고속푸리에변환기(IFFT)(33)와, 역고속푸리에변환기(33)의 결과를 3배 크기로 보정하는 크기보정기(34)를 포함한다. 이러한 구성을 갖는 도 3 장치에 대한 동작을 도 4a-4d를 참조하여 설명한다.

도 3에서, 앞서 설명한 식 1로 표현되는 OFDM신호가 전송되며, OFDM수신기는 수신된 OFDM신호를 가져다 역으로 이동시킨 후 고속푸리에변환하여 복조한다. 데이터재배열기(11)는 복조된 각 OFDM심볼의 데이터를 채널추정을 위하여 재배열한다. 즉, 데이터재배열기(11)는 보호간격에 대응하는 제로블록의 데이터를 제거한 후 부채널번호의 순서를 최소(Kmin)에서 최대(Kmax)순서로 재배열한다. 재배열된 데이터는 채널추정부(30)로 입력됨과 아울러 지연기(도 1 참조)로도 입력된다. 채널추정부(30)에서 파일럿추출기(31)는 재배열된 데이터내에 존재하는 분산파일럿을 추출한다. 즉, 파일럿추출기(31)는 다음의 식 3을 만족하는 부채널의 데이터만을 추출하여 주파수응답을 위한 기본 신호열로 채택한다.

$$(k-K_{min}) \bmod 3 = 0$$

파일럿추출기(31)는 위의 식 3을 만족하는 분산파일럿을 추출하고, 도 4a에 나타난 바와 같이 분산파일럿이 존재하지 않는 부채널의 데이터에 대해서는 0을 삽입한 후 고속푸리에변환기(32)로 출력한다. 고속푸리에변환기(32)는 도 4a와 같은 신호를 입력받아 고속푸리에변환을 수행하여 시간영역의 신호를 주파수영역의 신호로 변환시킨다. 윈도우추출기(33)는 기 설정폭의 윈도우신호(도 4b에 점선표시)를 이용하여 고속푸리에변환기(32)의 출력신호에서 열중심의 1/3부분만을 남기고 나머지부분은 0을 삽입한다(도 4c 참조). 역고속푸리에변환기(34)는 윈도우신호에 의해 추출된 도 4c와 같은 신호를 역고속푸리에변환을 수행하여 다시 시간영역의 신호로 변환한다. 여기서는, 고속푸리에변환 및 역고속푸리에변환을 위한 입력데이터의 2/3가 0이므로 계산과정이 단순화될 수 있다. 크기보정기(35)는 역고속푸리에변환기(34)의 출력신호 열에 3만큼씩 곱하여 크기를 보정하여 도 4d와 같은 원하는 각 부채널에서의 주파수응답을 얻는다. 이처럼 얻어진 채널의 주파수응답을 수신된 OFDM심볼의 각 부채널별로 데이터를 보정하면 채널등화과정이 완료된다.

발명의 효과

상술한 바와 같이 본 발명의 OFDM수신기의 채널추정방법 및 장치는, 채널추정시 FIR필터를 이용하던 종래에 비해서 FFT 및 IFFT를 이용하므로써 보다 정확한 주파수응답 추정이 가능하고, OFDM신호의 변복조시 필요한 FFT 및 IFFT를 이용하므로 별도의 FIR필터를 설계할 필요가 없어 ASIC설계가 간소해지는 잇점을 갖는다.

(57) 청구의 범위

청구항 1. OFDM수신기의 부채널들의 주파수응답을 추정하기 위한 방법에 있어서,

- (1) 입력되는 OFDM심볼들의 데이터를 부채널번호 순서대로 정렬하는 단계;
- (2) 정렬된 데이터들중 분산파일럿이 존재하는 부채널의 데이터만을 추출하는 단계; 및
- (3) 추출된 데이터를 입력받아 고속푸리에변환(FFT) 및 역고속푸리에변환(IFFT)에 근거한 보간을 수행하여 부채널들 각각의 주파수응답을 추정하는 단계를 포함하는 채널추정방법.

청구항 2. 제 1항에 있어서, 상기 제 (2) 단계는 정렬된 데이터들중 분산파일럿이 존재하지 않는 부채널에 대해서는 0을 삽입하여 추출하는 것을 특징으로 하는 채널추정방법.

청구항 3. 제 1항에 있어서, 상기 제 (3) 단계는

(3a) 추출된 데이터를 고속푸리에변환하는 단계;

(3b) 고속푸리에변환에 의해 얻어진 신호를 기설정폭의 윈도우신호에 의해 그 윈도우만큼 추출하는 단계;

(3c) 추출된 신호를 역고속푸리에변환하는 단계; 및

(3d) 역고속푸리에변환에 의해 얻어진 신호를 기설정배로 크기 보정하는 단계를 구비함을 특징으로 하는 채널추정방법.

청구항 4. 제 3항에 있어서, 상기 윈도우신호는 고속푸리에변환에 의해 얻어진 신호의 저주파성분 1/3만을 남기고, 나머지는 모두 0으로 만들도록 설정됨을 특징으로 하는 채널추정방법.

청구항 5. 제 4항에 있어서, 상기 (3d) 단계는 역고속푸리에변환에 의해 얻어진 신호를 3배 크기로 보정하는 것을 특징으로 하는 채널추정방법.

청구항 6. OFDM수신기에서 수신되는 OFDM신호를 동기화하는 채널동화기에 있어서,

입력되는 OFDM심볼들의 데이터를 채널추정에 맞도록 재배열하는 데이터재배열기; 및

상기 데이터재배열기에 의해 재배열된 데이터들중 분산파일럿이 삽입되어 있는 데이터의 부채널에 대한 주파수응답을 그 분산파일럿을 통해 추정하고, 그 추정된 주파수응답값에 대해 고속푸리에변환(FFT) 및 역고속푸리에변환(IFFT)에 통해 보간하여 나머지 부채널에 대한 주파수응답을 추정하는 채널추정부를 포함하는 채널추정장치.

청구항 7. 제 6항에 있어서, 상기 데이터재배열기는 복조를 통해 얻어지는 각 OFDM심볼에서 데이터가 나오는 부채널번호의 순서를 최소에서 최대순서로 재배열하는 것을 특징으로 하는 채널추정장치.

청구항 8. 제 6항에 있어서, 상기 채널추정부는

상기 데이터재배열기에 의해 재배열된 데이터들중 분산파일럿이 존재하는 부채널의 데이터만을 추출하고, 나머지 부채널의 데이터에 대해서는 0을 삽입하는 파일럿추출기;

상기 파일럿추출기의 출력신호를 고속푸리에변환하는 고속푸리에변환기;

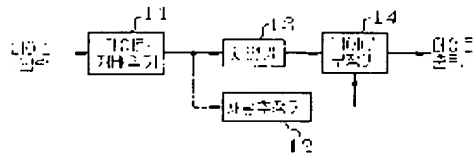
기설정된 윈도우신호를 통해 상기 고속푸리에변환기의 출력신호의 중심부분만을 추출하고, 나머지부분은 0을 만드는 윈도우추출기;

상기 윈도우추출기에 의해 추출된 신호를 역고속푸리에변환하는 역고속푸리에변환기; 및

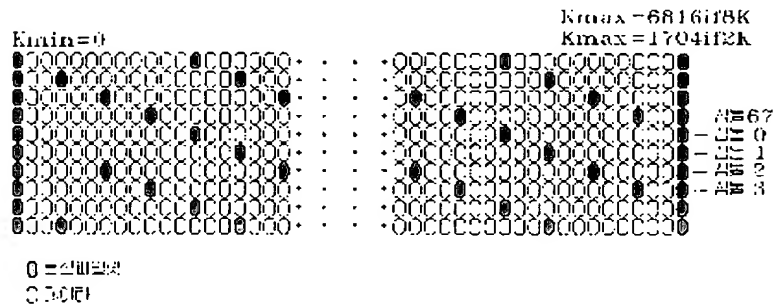
상기 역고속푸리에변환기의 출력신호의 크기를 보정하여 각 부채널에서의 주파수응답을 구하는 크기보정기를 구비함을 특징으로 하는 채널추정장치.

도면

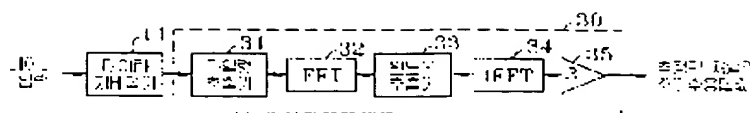
도면1



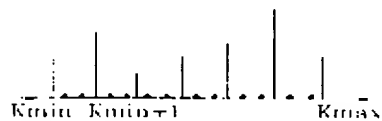
도면2



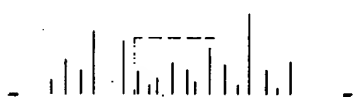
도 3



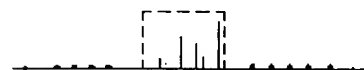
도 4a



도 4b



도 4c



도 4d

